Strahlenklinik der Freien Universität Berlin
im Klinikum Charlottenburg

Prof. Dr. med. K. zum Winkel

SEQUENZSZINTIGRAPHIE DER LEBER MIT JOD-131-BROMSULPHAN- IHRE BEEINFLUSSUNG DURCH BROMTHALEIN, CHOLECYSTOKININ UND BILOPTIN-REIZMAHLZEIT

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Detlev Sturm
Trautenau

1975

Strahlenklinik der Freien Universität Berlin
im Klinikum Charlottenburg

Prof. Dr. med. K. zum Winkel

SEQUENZSZINTIGRAPHIE DER LEBER MIT JOD-131-BROMSULPHAN- IHRE BEEINFLUSSUNG DURCH BROMTHALEIN, CHOLECYSTOKININ UND BILOPTIN-REIZMAHLZEIT

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Detlev Sturm
Trautenau

Referent: Prof. Dr. med. K. zum Winkel

Korreferent: Prof.Dr.med.Oeser

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 12.8.75

Druck: Zentrale Universitätsdruckerei, V a A 4

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Untersuchungsziel	5
III.	Methodik	6
IV.	Untersuchungen	8
V.	Untersuchungsablauf	10
VI.	Ergebnisse	13
	A. Lebergesunde	13
	B. Chronische Hepatitis	16
	C. Lebermetastasen	17
	D. Abgeklungene Virushepatitiden	18
	E. Chronisch aggressive Hepatitis	19
	F. Fettleber	19
	G. Zirrhosen	19
	H. Verschlußikterus	20
VII.	Diskussion der Ergebnisse	22
VIII.	Diskussion der Belastungstests	28
IX.	Vergleich der beiden Untersuchungsreihen	32
X.	Zusammenfassung	35
Abbildungen und Tabellen		37
Literaturverzeichnis		52

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547206_0086

I. Einleitung

Seit Jahrzehnten versuchten verschiedene Autoren, Methoden zu entwickeln, mit denen die Leistungsfähigkeit der Leber gemessen werden kann, um Rückschlüsse auf bestimmte Lebererkrankungen ziehen zu können.

Delbrath G.D. (4) testete 1918 mehrere Substanzen hinsichtlich ihrer Ausscheidung durch die Leber und fand, daß Dijodtetrachlorfluoreszin (Bengalrosa) nahezu ausschließlich durch die Leber ausgeschieden wird und eine Stunde nach Injektion im Gallensekret nachweisbar ist. 1925 veröffentlichten Rosenthal, S.M., Withe C.E. und Edwin, C., (18) eine neue Farbstoffmethode zur Prüfung der Leberfunktion.

Rosenthal und Withe haben das Sulfonat des Tetrabromphenolphalein (Bromsulphalein) als am besten brauchbar erkannt. Nachteilig war allerdings die Möglichkeit von allergischen Reaktionen, die sogar zu letalen Zwischenfällen führten. (16, 26)

Dobson und Jones im Jahr 1952 (5) sowie Vetter, Falkner und Neumayer 1954 (25) führten Radioisotope in die Leberdiagnostik ein und versuchten durch externe Strahlenmessung die Leberdurchblutung zu bestimmen. Dieser Methode lag das Prinzip zugrunde, daß nach intravenöser Applikation leberaffiner radioaktiv markierter colloider Substanzen, Colloide einer Teilchengröße von 5-1000 nm von den Kupferschen Sternzellen der Leber bei einer Leberpassage mehr oder weniger vollständig retiniert werden. Die Eleminationsgeschwindigkeit von Radiocolloiden mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von 30 nm aus dem Blut korrespondierte mit der Leberdurchblutung.

Taplin und Mitarbeiter (20) führten zum erstenmal 1955 Funktionsstudien der Leber mit Jod-131 markiertem Terajodfluoreszin (Bengalrosa) durch. Sie konnten demonstrieren, daß Bengalrosa aus dem Blut von den polygonalen Zellen der Leber rasch aufgenommen und innerhalb von ein bis zwei Stunden in das galleableitende System ausge-

schieden wird. Sie benutzten bei diesen Untersuchungen einen kolliminierten Szintillationszähler mit Ratemeter und Schreiber.

Bengalrosa als hepatozellulär ausgeschiedene Substanz erlaubt Aussagen über die Parenchymfunktion der Leber und gibt Hinweise über die Durchgängigkeit der Gallengänge. Bei der sehr geringen Substanzbelastung (bis zu maximal 0,10 mg) sind bisher toxisch-allergische Reaktionen nicht bekannt geworden.

1959 versuchten Mena und Mitarbeiter (13) die Empfindlichkeit des Bengalrosatestes zu erhöhen, indem sie 5 mg/kg Körpergewicht Bromthalein vor der Bengalrosainjektion injizierten. Diese Methode fand jedoch keine Verbreitung, zumal sie auch keine Vorteile brachte, (3). Die Belastung mit 2,5 mg/kg Körpergewicht brachte eine geringe Verbesserung der Differenzierungsmöglichkeit zwischen noch normaler und breits pathologischer Funktion, wurde aber ebenfalls nicht in die klinische Routinediagnostik eingeführt. Diese Methode, ohne die zusätzliche bildliche Dokumentation der intrahepatischen Radioaktivitätskinetik und des galleableitenden Systems, bot gegenüber dem herkömmlichen Bromthaleintest keine Vorteile.

Taplin und Mitarbeiter (21) verwendeten 1963 in der Leberdiagnostik mikroaggregiertes Humanalbumin, welches mit Jod-131 markiert wurde. Dabei handelte es sich um eine Substanz, die in gleicher Weise wie die Colloide vom retikuloendothelialem System phagocytiert wird.

Für die Szintigraphie der Leber wurde allgemein zunächst das Scanning verwendet. Damit ließ sich die Verteilung des funktionsfähigen retikuloendothelialen Systems feststellen.

Anger (1)(2) entwickelte 1958 die Szintillationskamera. Mit diesem Gerät wurden neue Dimensionen der funktionell-morphologischen Diagnostik innerhalb der Nuklearmedizin möglich. Durch die Verwendung von stationären Detektoren, die im Gegensatz zu den herkömmlichen Scannern das gesamte Untersuchungsgebiet simultan erfassen, war es

möglich, dynamische, d.h., sich rasch verändernde Aktivitätsverteilungen durch eine Reihe von Szintiphotos mit kurzen Expositionszeiten zu erfassen.

Burke und Halko (3) berichteten 1966 über Kamerastudien der Leber mit Jod-131-Bengalrosa. Sie verglichen dabei 20 lebergesunde mit 14 leberkranken Patienten. Anhand von Szintiphotos wurde die Anflutung der radioaktiven Substanz in der Leber, die Verteilung innerhalb des Leberparenchyms, sowie die Exkretion in die Gallenwege dokumentiert. Dabei fanden sie folgende Normwerte: Abfall der Aktivität über dem Herzen in einem Zeitraum von 20-30 Minuten entsprechend dem Abfall der Aktivität im Blut, Lebermaximum 20-30 Minuten, Erscheinen der Aktivität in der Gallenblase, bzw. im Darm nach 15-25 Minuten. Unter den leberkranken Patienten befanden sich intrahepatische Cholestasen, Leberzirrhosen, chlorpromazininduzierte Hepatitiden und akute Hepatitiden.

Die Autoren stellten fest, daß sich die Methode besonders gut in der Differentialdiagnose des Ikterus verwenden läßt. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Golde (7) und Mitarbeiter, die mit dieser Methode mehr als 30 Patienten untersuchten. Die Kranken erhielten 250-300 μ Ci 131-Jod-Bengalrosa intravenös. Szintiphotos mit einer Expositionszeit von 5 Minuten wurden über einen Zeitraum von 60 Minuten angefertigt. Nach ca. 40 Minuten wurde die Gallenblase mit einer sorbithaltigen Reizmahlzeit stimuliert. Zur Auswertung der Untersuchung wurden 4 regions of interest über dem Herzen, der Leber, der Gallenblase und dem Duodenum bestimmt. Folgende Normwerte konnten aufgestellt werden: Halbwertzeit über dem Herzen $<$ 7 Minuten, Lebermaximum $<$ 30 Minuten, Anstieg der Aktivität über der Gallenblase nach 20 - 25 Minuten, das Erscheinen der Aktivität im Verdauungstrakt nicht später als eine Stunde, aber auch nicht früher als 15 Minuten. Nach Stimulation der Gallenblase konnte innerhalb weniger Minuten ein Anstieg der Aktivität über dem Intestinaltrakt beobachtet werden. Bei einem totalen Verschluß ließ sich

keine Aktivität im Darm nachweisen. Bei einem inkompletten Verschluß war die Ausscheidung der Aktivität in den Darm stark verzögert und die Leberaktivität zeigte keinen Abfall nach 2 Stunden. Sowohl Burke und Halko (3) als auch Golde und Mitarbeiter (7) konnten beobachten, daß bei einem extrahepatischen Verschluß die Blutaktivität nach einer Stunde erneut anstieg. Nordyke (15) untersuchte 1965 185 Patienten und kam zu dem Ergebnis, daß fehlender Aktivitätsanstieg über dem Dünndarm nach iv Injektion von Cholezystokinin als Zeichen eines kompletten Gallengangsverschlusses zu werten ist.

Bromsulphan wurde zum erstenmal von Tubis und Mitarbeitern (24) 1961 mit Jod-131 markiert. Dabei erwies sich die Verbindung als sehr stabil. Das benutzte Bromsulphan war ein Dijodid. So lag es nahe, daß das entwickelte Monojodid mit dem Dijodid verglichen wurde. Iio und Mitarbeiter (9) fanden, daß das Monojodid eine kürzere Eliminationszeit hat und schneller in der Leber konzentriert wird als das Dijodid. Einige Autoren Kameda und Mitarbeiter (11), Zeidler und Mitarbeiter (27) stellten Vergleiche mit dem herkömmlichen Bromthaleintest und dem Jod-131-BSP Test (11) und dem Bengalrosatest (27) an. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß der Jod-131-BSP Leberfunktionstest gut mit dem klinischen Bromthaleintest übereinstimmt. Ebenso sind die Ergebnisse des Bengalrosatests und Jod-131-BSP vergleichbar (27). Dabei liegt der Vorteil bei Jod-131-BSP darin, daß es eine klar definierte Substanz ist, während Bengalrosa aus unterschiedlichen Komponenten besteht, die eine verschiedene Eliminationszeit aufweisen.

Ergebnisse in der Leberdiagnostik mit Jod-131-BSP unter Verwendung der Szintillationskamera liegen vor von Mostbeck und Peschel (14), Torizuka (23), Riccabona und Mitarbeiter (17), Rothe, Pfeiffer, Otte und Heinze (19) und Golde und Mitarbeiter (7). Nicht berichtet wurde jedoch über die Verwendungsunfähigkeit der Sequenzszintigraphie der Leber und des biliaren Systems nach Jod-131-BSP unter pharmakologischer Belastung.

II. Untersuchungsziel

Ziel unserer Untersuchung war es deshalb unter Verwendung der Szintillationskamera nach Anger und einem datenverarbeitendem System ein standartisiertes Untersuchungsprogramm zu entwickeln. Das besondere Interesse galt dabei der intrahepatischen BSP-Kinetik, die durch Zeitaktivitätskurven über bestimmten Arealen ermittelt wurde, sowie der Abflußdynamik der radioaktiven Testsubstanz über das galleableitende System in den Verdauungstrakt. Ferner wurden die gefundenen Parameter unter pharmakologischer Beeinflussung von inaktivem Bromsulphan, Cholecystokinin und Biloptin-Reizmahlzeit untersucht. Zur Komplettierung der Untersuchung wurde die Eliminationsgeschwindigkeit der radioaktiven Substanz aus dem Blut anhand unterschiedlicher Clearenceverfahren ermittelt.

III. Methodik

1. Apparatur

Das benutzte Szintigraphische System besteht aus:

a. einer Szintillationskamera
   Foto y III Nuclear Chicago

b. einen Intertechnique cineszintigraphischen System bestehend aus 2 Analog-Digital-Konvertern, einem 4096 Kanal Analysator und einem digitalem Magnetband

c. einen H-316-Digital-Computer.

Die Szintillationskamera hatte als Detektor einen NaJ-Kristall mit einem realen Durchmesser von 26 cm. Mit ihm wurden alle Bereiche des Beobachtungsfeldes simultan erfaßt. Vorgeschaltet war ein Kollimator, wobei für diese Untersuchungen zuerst ein divergierender Kollimator und bei der späteren Untersuchung ein 32 Parallellochkolimator benutzt wurden. Hinter dem Kristall befanden sich 19 hexagonal angeordnete Photomultiplier, die die bei der Absorption von Quanten ausgelösten Szintillationen ortsgemäß analysierten. Vom Oszilloskopschirm konnte während eines wählbaren Zeitabschnittes die Verteilung der Lichtsignale mit einer Polaroidkamera aufgenommen werden.

Die Diagnostik konnte erweitert werden, wenn zusätzlich ein Vielkanalanalysator und ein digitales Magnetband benutzt wurden. Das digitale Magnetband speicherte alle Informationen des gesamten Untersuchungsablaufes über einen Kernspeicher in vorgegebenen Zeitintervallen, wodurch es möglich wurde, die Aktivitätsverteilung innerhalb der Leber zu ermitteln. Man gewinnt somit einen Einblick über die Anflutung und Perfusion der Testsubstanz in der Leber, sowohl zeitlich, als auch quantitativ. Die Speicherung der Einzelin-

formationen war weiterhin wichtig, wenn man die Untersuchung an ein Datenverarbeitungssystem anschließen wollte.

Während sämtliche Informationen auf Band gespeichert wurden, wurde gleichzeitig auf dem Oszilloskop des Vielkanalanalysators das Szintigramm dargestellt. Damit war es möglich, mit Hilfe des Lichtgriffels simultan bis zu 4 "regions of interest" zu bestimmen. FÜr dynamische Studien konnte nach der Untersuchung des Patienten das Band zurÜckgespielt werden. Bei einem erneuten Abspielen des Bandes wurden alle Impulse in den "regions of interest" addiert und in ein Diagramm mit Impuls/Zeit-Koordinaten Überspielt. Dieses Magnetband konnte auch in den Honeywell H-316-Digital-Computer eingespielt werden. Dieses datenverarbeitende System konnte sowohl im on-line als auch im off-line Verfahren benutzt werden und erlaubte auch alle weiteren Analysen der registrierten Daten, wie die Korrektur der unterschiedlichen regionalen Empfindlichkeit der Szintillationskamera, die Reduzierung der Statistischen Abweichung in den Szintigrammen oder den Funktionskurven, die Erhöhung des Kontrastes und die Berechnung gewÜnschter Parameter.

FÜr die Schläfenmessung wurde ein Picker Spektroscaler mit zugehörigem Detektor benutzt. Der Kristall in der Meßsonde hatte einen Durchmesser von 5 cm. Vorgeschaltet war ein Bleikollimator von 2 cm Dicke und zylindrischer Bohrung von ca. 8 cm und 17 cm Länge.

IV. Untersuchungen

Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

a) Bestimmung der Halbwertzeit über dem Herzen

b) Bestimmung der Halbwertzeit über der Schläfe

c) Bestimmung der Halbwertzeit im Blut bei Gesunden nach Entnahme von Blutproben

d) Bestimmung des Lebermaximums

e) Bestimmung der Gallenblasenfunktion

f) Anstieg und Abfall nach Reizung mit Cholezystokinin oder Biloptin

g) Bestimmung des Zeitpunktes des Aktivitätsanstieges im Duodenum

h) Bestimmung der Leberclearence bei Gesunden nach Oberhausen

i) Bestimmung der Clearence/kg Körpergewicht

k) Bestimmung der Retention bei 3 bzw. 45 Minuten

l) Bestimmung der Eliminationskonstanten

Folgende Untersuchungen wurden unter Belastung durchgeführt:

a) Bestimmung der Halbwertzeit über dem Herzen

b) Bestimmung der Halbwertzeit über der Schläfe

c) Bestimmung der Halbwertzeit im Blut bei Gesunden

d) Bestimmung des Lebermaximums

e) Bestimmung der Gallenblasenfunktion

f) Bestimmung des Zeitpunktes des Aktivitätsanstieges im Duodenum

g) Bestimmung der Leberclearence bei Gesunden nach Oberhausen

h) Bestimmung der Clearence/kg Körpergewicht

i) Bestimmung der Retention bei 3 bzw. 45 Minuten

k) Bestimmung der Eliminationskonstanten

Messungen, die mit der Szintillationskamera durchgeführt wurden:

a) Messung der Halbwertzeit über dem Herzen

b) Bestimmung des Lebermaximums

c) Bestimmung des Gallenblasenanstiegs

d) Bestimmung des Aktivitätsabfalles in der Gallenblase nach Reizung mit Cholecystokinin oder Biloptin

e) Bestimmung des Aktivitätsanstieges im Duodenum

V. Untersuchungsablauf

1. Voraussetzung für diese Untersuchung war eine fehlende Nahrungsaufnahme von 12 Stunden. Der nüchterne Patient wurde auf einer Trage flach auf den Rücken gelagert.

Die Szintillationskamera wurde so eingestellt, daß sowohl caudale Herzabschnitte, Leber, Galle und Duodenum/Jejunum von ihr erfaßt wurden.

Der Abstand der Szintillationskamera zur Körperoberfläche wurde so gewählt, daß der Patient nicht in seinen Atembewegungen eingeschränkt wurde. 300 µCi 131-J-BSP wurden intravenös injiziert. Die Untersuchungsdauer betrug 80 Minuten. Alle 30 Sekunden wurden über den Kernspeicher die Informationen auf das digitale Magnetband gespeichert. (Dauer eines "frame" 30 Sekunden). Auf dem Speicheroszilloskop stellte sich die Leber dar, bei Gesunden mit den ableitenden Gallenwegen und dem Duodenum. Gleichzeitig wurden Szintiphotos mit einer Polaroidkamera in folgenden Abständen angefertigt.

0	-	5	Minuten	40	-	45	Minuten
10	-	15	"	50	-	55	"
20	-	25	"	60	-	65	"
30	-	35	"	70	-	75	"

Wenn sich die Gallenblase deutlich darstellte, erfolgte der pharmakologische Reiz. Das geschah entweder mit Biloptin-Reizmahlzeit (Sorbit plus Eigelb) oder mit Cholezystokinin.

Nach Beendigung der Untersuchung wurden die Ergebnisse wie folgt ermittelt:

Es wurden über dem Herzen, Leber, Gallenblase und Duodenum mit Hilfe des Lichtgriffels "regions of interest" ausgewählt. Von diesen bestimmten regions wurden nun die auf Band gespeicherten Informationen abgespielt und man erhielt so den Untersuchungsablauf in Form von

Funktionskurven dargestellt:

a. Eine Kurve, die den Aktivitätsabfall über dem Herzen anzeigt. Aus ihr konnte die Halbwertzeit über dem Herzen bestimmt werden, an der anhand der Funktionskurve der Zeitpunkt bestimmt wurde, an dem die Aktivität auf die Hälfte des Ausgangswertes abgefallen war. Diese Kurve wurde in einen Computer eingespielt und auf eine einheitliche Höhe normiert. Das einheitliche Maximum wurde nach 3 Minuten festgelegt.

b. Eine Kurve, die den Aktivitätsanstieg in der Leber darstellt. Aus ihr konnte das Lebermaximum bestimmt werden.

c. Eine Kurve, die den Aktivitätsanstieg über der Gallenblase und den Abfall nach Reiz zeigte. Aus ihr konnten diese beiden Zeitpunkte bestimmt werden.

d. Eine Kurve, die den Aktivitätsanstieg über dem Duodenum/Jejunum zeigt, wodurch der Zeitpunkt der Aktivitätsausscheidung im Intestinaltrakt bestimmt werden konnte.

2. Bestimmung der Halbwertzeit im Blut bei Gesunden.

Um einen Vergleichswert für die Genauigkeit der Halbwertzeitmessung über dem Herzen zu bekommen, wurden bei einem Kollektiv gesunder Personen Blutproben entnommen. Sie erhielten 300 µ Ci 131-J-BSP i.V. in den rechten Arm injiziert. Die entsprechenden Blutproben wurden am linken Arm entnommen. Dazu wurde für die Dauer einer Stunde eine Verweilkanüle in der Vene belassen.

In den ersten 20 Minuten wurden alle 2 Minuten, dann alle 5 Minuten jeweils 2 ccm Blut entnommen. Die Impulse/Minuten wurden mit dem Bohrlochkristall-Meßgerät Picker Nuklear II Autowell gezählt. Die Werte wurden halblogarhytmisch übertragen. Dabei enthielt die logarhytmisch aufgeteilte Ordinate die Impulse, die lineare Abszisse die Zeit. (Abb. 1 Seite 37)

3. Bestimmung der Halbwertzeit über der Schläfe

Zur Halbwertzeitbestimmung dienten auch Messungen über der Schläfenregion. Dazu wurde eine Meßsonde dicht über der Schläfe angebracht. Der Kopf des Patienten wurde fixiert, da Bewegungen die Meßgeometrie beeinträchtigen. Die Meßsonde wurde mit einem Zählgerät verbunden, mit dem die Impulse/Minuten ermittelt wurden. Diese Messung wurde eine Stunde durchgeführt. Die Auswertung erfolgte wie bei der blutigen Messung. (Abb. 1 Seite 37)

VI. Ergebnisse

A. Lebergesunde

1) Sequenzszintigraphie (ohne und mit Belastung)

Mit Hilfe der Sequenzszintigraphie wurden insgesamt 14 lebergesunde Patienten untersucht, davon 9 Patienten auch unter Belastung mit 5 mg/kg inakt. Bromthalein. Anhand der Szintiphotos ließ sich anfangs Radioaktivität im Herzbinnenraum feststellen, die innerhalb weniger Minuten nicht mehr nachweisbar war. Im weiteren Verlauf zeigte sich eine deutliche Speicherung der Aktivität in der Leber, wobei aber anhand der Szintiphotoserie der Zeitpunkt der maximalen Aktivitätsanreicherung nicht exakt definiert werden konnte.

Aktivität in der Gallenblase war erkennbar an der starken punktförmigen Aktivitätsansammlung in der Gallenblasengegend. Deutlich war in allen Fällen der Abfall der Aktivität in der Gallenblase und der Aktivitätsanstieg im Duodenum nach Reiz mit Cholezystokinin bzw. Biloptin-Reizmahlzeit erkennbar. (Abb. 2 Seite 38)

Folgende Normwerte konnten aufgestellt werden:

Die Halbwertzeit über dem Herzen betrug 7 Minuten mit einer Standardabweichung von $\pm$ 1,5 Minuten. Die Halbwertzeit wurde aus den mit Hilfe des Computers aufgezeichneten Funktionskurven über dem Herzen nach der Formel $x = t\frac{1}{2}$ berechnet. Die Mittelwerte aller Ergebnisse wurden nach der Formel

$$\bar{x} = \sum_{v=1}^{n} x_v$$

berechnet. Die Standardabweichungen wurden für alle Parameter nach

der Formel $s = \pm \sqrt{\frac{s \left[(x - \bar{x})^2\right]}{n - 1}}$ berechnet.

Das Lebermaximum war nach 20,5 Minuten erreicht. Hier betrug die Standardabweichung ± 5,3 Minuten. Der Aktivitätsanstieg in der Gallenblase begann nach 18,1 Minuten, bei einer Schwankungsbreite von ± 5,7 Minuten. Der Aktivitätsabfall nach Reiz beginnt bereits nach 4,4 Minuten bei einer Standardabweichung von ± 3 Minuten. Das Erscheinen der Aktivität im Duodenum lag bei 32,2 Minuten ± 10,6 Minuten. Hier fiel eine relativ individuell starke Standardabweichung auf.

Bei den Belastungsuntersuchungen zeigte sich morphologisch keine Änderung, doch war der funktionelle Ablauf verzögert. So lag die mittlere Halbwertzeit über dem Herzen mit Belastung bei 10 ± 1 Minute. Das Lebermaximum war erst nach 30,8 ± 4,2 Minuten erreicht. Der Aktivitätsanstieg in der Gallenblase begann nach 24,7 ± 10,4 Minuten und im Duodenum erschien die Aktivität erst nach 36,9 ± 14,2 Minuten. (Abb. 2, 3, Tab. 1, 2 Seiten 38, 40 und 47)

2) Funktionsparameter (Schläfenmessung und blutige Messung)

Die Bestimmung der Halbwertzeit über der Schläfe und die im Blut gemessene Impulsrate/Minuten wurden im halblogarhytmischen System aufgetragen. Da bei beiden Bestimmungen in der Frühphase (bis 15') kein linearer Abfall im Sinn einer einfachen Exponentialfunktion zu verzeichnen war, wurde eine biexponentielle Auswertung mit Abzug der langsamen Komponente vorgenommen. (Abb. 1 Seite 37)

Die Halbwertzeit über der Schläfe war mit 3,8 ± 0,75 Minuten festzulegen; die Halbwertzeit im Blut mit 7,4 ± 1,2 Minuten. Unter Belastung zeigte sich erneut eine Verzögerung. So lag die Halbwert-

zeit unter Belastung über der Schläfe bei 5,3 ± 1,3 Minuten, die Halbwertzeit im Blut bei 9,3 ± 1,5 Minuten. Die Eliminationskonstante wurde nach der Formel $k = \frac{1 \; n \; 2}{HWZ}$ berechnet.

Sie war bei der Schläfenmessung mit 0,185 ± 0,035 und bei der blutigen Messung mit 0,097 ± 0,017 zu ermitteln. Unter Belastung beträgt sie 0,140 ± 0,043 über der Schläfe und 0,074 ± 0,005 im Blut.

Die Clearence pro Kilogramm Körpergewicht wurde mit Berücksichtigung des Blutvolumens aus der schnellen Komponente k_1 nach der Formel $C = \frac{k_1 \; X \; BV}{kg}$ ermittelt. Nach der Schläfenmessung lag sie bei 13,3 ± 1,8 ml, nach der Blutaktivität bei 6,0 ± 2,6 ml. Unter Belastung nahm der Clearencewert ab und lag über der Schläfe bei 9,8 ± 2,6 ml/kg und im Blut bei 5,5 ± 1,3 ml/kg. Die Retentionsbestimmung wurde in Anlehnung an den klinischen BSP-Test durchgeführt. Es wurden die Impulsraten nach 3' und 45' Minuten bestimmt. Die Retention über der Schläfe war 27,7 ± 2,6 %, im Blut 11,7 ± 2,3 %. Unter Belastung war die Retention bei der externen Schläfenmessung 29,4 ± 2,86 %, im Blut 16,3 ± 2,9 %.

Die Leberclearence wurde nach dem von Oberhausen (19) angegebenen Modell bestimmt. Gemessen wurde sie bei 8' und 15' Minuten. Die Werte werden für 1,73 m^2 Körperoberfläche angegeben.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Die Leberclearence war über der Schläfe bei 8' Minuten ohne Belastung 522 ± 137 ml, bei 15' Minuten 320 ± 132 ml, unter Belastung bei 8' Minuten 416 ± 120 ml und bei 15' Minuten 344 ± 96 ml. Im Blut war sie ohne Belastung nach 8' Minuten 663 ± 154 ml, nach 15' Minuten 433 ± 156 ml. Unter Belastung waren die Clearencewerte nach 8' Minuten 492 ± 174 ml, nach 15' Minuten 434 ± 141 ml. (Abb. 2,3, Tab. 1,2 Seiten 38, 40 und 47)

B. Chronische Hepatitis

1) Sequenzszintigraphie

24 Patienten mit der klinischen und histologischen Diagnose chronische Hepatitis wurden untersucht. Auf den Szintiphotos waren gegenüber den gesunden Patienten keine wesentlichen Veränderungen zu sehen. Allerdings kam es in 8 Fällen nicht zu einer Darstellung der Gallenblase.

Folgende Werte konnten ermittelt werden:

Die mittlere Halbwertzeit war über dem Herzen 11,1 ± 2,8 Minuten. Das Lebermaximum wurde, durchschnittlich gering verzögert, nach 26,9 ± 5,4 Minuten erreicht. Der Aktivitätsanstieg in der Gallenblase erfolgte nach 27,3 ± 6,7 Minuten und trat demnach gegenüber Gesunden etwas verspätet auf. Der Abfall der Aktivität in der Gallenblase nach Reiz war verzögert und lag bei 8,3 ± 3,8 Minuten. Im Duodenum erschien die Aktivität nach 32,2 ± 10,5 Minuten.

Von den 24 Patienten wurden 9 Patienten mit BSP Belastung untersucht. Bei den Belastungsuntersuchungen zeigte sich auch hier eine Änderung der Ergebnisse, die mit den Änderungen bei den Gesunden vergleichbar ist. Die mittlere Halbwertzeit über dem Herzen war 13,5 ± 2,3 Minuten. Das Lebermaximum wurde nach 40,2 ± 5,9 Minuten erreicht. Der Gallenblasenanstieg erfolgte nach 32,0 ± 4,8 Minuten, und die Aktivität erschien im Duodenum nach 31,0 ± 6,9 Minuten. (Abb. 4, Tabelle 3, 4, Seiten 41 und 48)

2) Funktionsparameter

Die Impulse/Minuten über der Schläfe wurden ebenfalls im halblogarhytmischen System aufgetragen. Wie bei den Gesunden zeigte der Ab-

fall in der Frühphase keinen einfachen exponentiellen Verlauf. Deswegen wurde auch hier die biexponentielle Auswertung vergenommen. Diese Methode wurde dann auch in allen weiteren Untersuchungsreihen angewendet.

Die Halbwertzeit über der Schläfe betrug bei den chronischen Hepatitiden 4,5 ± 0,73 Minuten. Unter Belastung stieg sie auf 6,8 ± 0,63 Minuten an. Die Clearence/kg wurde ebenfalls wie bei den Gesunden nach der Formel $C = \frac{k_1 \times B \times V}{kg}$ errechnet. Sie war ohne Belastung 10,2 ± 2,5 ml und mit Belastung 7,0 ± 0,5 ml. Die Eliminationskonstante nach $k = \frac{1 \; n \; 2}{HWZ}$ war bei den chronischen Hepatitiden ohne Belastung 0,147 ± 0,035 und unter Belastung 0,101 ± 0,008. Die Retention wurde mit 28,6 ± 4,2 % ohne Belastung und 34,5 ± 7,1 % unter Belastung ermittelt. (Tab. 3, 4, Seite 48)

C. Lebermetastasen

1) Sequenzszintigraphie

Es wurden 4 Patienten mit laparoskopisch gesicherten Lebermetastasen untersucht. Die Szintiphotos ergaben eine verzögerte Ausscheidung des Bromsulphans in den Verdauungstrakt. Auch die Gallenblase stellte sich verspätet dar und die Aktivitätsanreicherung im Duodenum erfolgte verzögert. Bei entsprechender Ausdehnung der Metastasierung wurden auch Speicherdefekte sichtbar. So stellt sich bei einer Patientin mit nachgewiesenen Lebermetastasen der gesamte rechte Leberlappen nicht dar. (Abb. 5, Seite 42). Bei diesen Patienten wurden keine Bestimmungen der Halbwertzeit über dem Herzen vorgenommen. Folgende Werte konnten ermittelt werden.

Das Lebermaximum war mit 36 ± 10,6 Minuten deutlich verspätet. Der Gallenblasenanstieg erfolgte mit 41 ± 6,2 Minuten ebenfalls verzögert. Entsprechend verspätet erschien auch die Aktivität im Duodenum, 43 ± 18,2 Minuten, doch waren dabei ebenso wie beim Lebermaximum beträchliche Standardabweichungen zu registrieren. Die Patienten wurden wegen des deutlich pathologischen Befundes nicht belastet. (Abb. 5, Seite 42)

2) Funktionsparameter

Die Halbwertzeit über der Schläfe war mit 4,3 ± 0,4 Minuten zu bestimmen. Sie war somit nur geringfügig verzögert. Die Totalclearence war mit 10,7 ± 1,9 ml ebenfalls verringert. Die Eliminationskonstante war 0,163 ± 0,016, und die Retention betrug 28 ± 5,1 %. (Tab. 5, Seite 49)

D. Abgeklungene Virushepatitiden

1) Sequenzszintigraphie

Es wurden 6 Patienten nach abgeklungener akuter Virushepatitis untersucht. Bei diesen Patienten lagen die Ergebnisse unterschiedlich. So war das Lebermaximum mit 21,3 ± 2,6 Minuten innerhalb des Normbereiches, der Gallenblasenanstieg aber mit 26,3 ± 2,6 Minuten etwas verzögert. Ebenfalls verzögert war mit 9 ± 1,6 Minuten der Aktivitätsabfall in der Gallenblase nach Reiz. Dagegen war der Aktivitätsanstieg im Duodenum relativ früh. Er betrug 25 ± 10,3 Minuten, doch war eine breite Standardabweichung zu verzeichnen. (Tab. 6, Seite 49)

2) Funktionsparameter

Die Halbwertzeit über der Schläfe lag mit 4,2 ± 0,76 Minuten etwas

oberhalb der Norm, die Totalclearence war mit 13,0 ± 2,4 ml/kg normal. Die Eliminationskonstante war mit 0,151 ± 0,036 kleiner, während die Retention 23,9 ± 4,4 % im Bereich der Norm lag. (Tab. 6, Seite 49)

E. Chronisch aggressive Hepatitis

1) Sequenzszintigraphie

3 Patienten wurden untersucht. Bei allen 3 Patienten war die Diagnose histologisch gesichert. Vom morphologischen Aspekt waren die Szintigramme unauffällig. Die Halbwertzeit über dem Herzen war 24,6 ± 2,1 Minuten, das Lebermaximum 34,0 ± 2 Minuten. Anhand der verzögerten Halbwertzeit und des verspäteten Lebermaximums war die eingeschränkte Leberfunktion erkennbar. (Tab. 7, Seite 49)

F. Fettleber

Wie bei der chronisch aggressiven Hepatitis wurden auch bei der Fettleberuntersuchung nur die Halbwertzeit über dem Herzen und das Lebermaximum bestimmt. Es wurden 3 Patienten ohne und mit Belastung untersucht. Die Halbwertzeit betrug ohne Belastung 7,6 ± 3,5 Minuten und mit Belastung 13,0 ± 4,3 Minuten. Das Lebermaximum wurde nach 22,0 ± 4,3 Minuten ohne und nach 25,0 ± 4,3 Minuten unter Belastung erreicht. (Tab. 8, 9, Seite 50)

G. Zirrhosen

1) Sequenzszintigraphie

Alle 8 Patienten, die unter der histologisch verifizierten Diagnose

Leberzirrhose untersucht wurden, wiesen pathologische Veränderungen im Sequenzszintigramm auf. Das Lebermaximum wurde bei der Leberzirrhose erst nach 45 ± 7,3 Minuten erreicht. Die Aktivität in der Gallenblase zeigte sich bei 50 bzw. 52 Minuten, wobei berücksichtigt werden muß, daß sich bei 6 Patienten die Gallenblase nicht darstellte. Dagegen war ein Aktivitätsanstieg im Duodenum schon nach 31,3 ± 2,9 Minuten zu erkennen. (Abb. 6, Tab. 10, Seiten 43 und 50)

2) Funktionsparameter

Wie bei den sequenzszintigraphischen Befunden waren auch die Clearenceergebnisse gegenüber den Normalwerten deutlich verändert. Die Halbwertzeit über der Schlüfe betrug 9,25 ± 2,2 Minuten. Die Totalclearence war auf 4,5 ± 1,4 ml/kg verringert. Die Retention war mit 45,6 ± 15,8 % erhöht. Die Eliminationskonstante war mit 0,078 ± 0,018 ebenfalls deutlich pathologisch. (Tab. 10, Seite 50)

H. Verschlußikterus

1) Sequenzszintigraphie

Es wurden 6 Patienten mit der Diagnose eines Verschlußikterus untersucht. Unter diesen Patienten waren zwei cholecystektomiert. Im Sequenzszintigramm fiel bei drei Patienten die Darstellung eines gestauten Choledochus in Form eines Aktivitätsdepots im Hilusbereich auf, wenn das Abflußhindernis im distalen Bereich des Choledochus lokalisiert war. (Abb. 7, 8, Seite 44 und 45)

Folgende Befunde konnten erhoben werden:

Die Gallenblase stellte sich bei den vier nichtcholecystektomierten

Patienten zweimal nicht, einmal nach 40 Minuten und einmal erst nach 24 Stunden dar. Bei zwei Patienten mit einem kompletten Verschlußikterus konnte ein Aktivitätsanstieg im Intestinaltrakt erst nach 24 Stunden bei dem einen, kein Aktivitätsanstieg bei dem anderen Patienten festgestellt werden. Bei beiden Patienten war auch das Lebermaximum nach 80' Minuten noch nicht erreicht, da noch kein Abfall der Funktionskurven über dem Leberhilus zu verzeichnen war. Die vier anderen Patienten hatten einen inkompletten Verschlußikterus. Bei diesen war das Lebermaximum in einer Zeit von 35 - 45 Minuten, der Aktivitätsanstieg im Intestinaltrakt einmal nach 24 Stunden, einmal nach 43 Minuten und zweimal nach 50 Minuten erreicht. (Abb. 7, 8, Tab. 11, Seiten 44, 45 und 51)

Bei der Untersuchung eines Säuglings mit Verdacht auf angeborene Gallengangsatresie konnte anhand der Szintiphotos der komplette Verschluß deutlich gemacht werden. Die Testsubstanz wurde frühzeitig (50 Minuten) über die Nieren ausgeschieden, während bei 24 Stunden postinjektionen keine Aktivität im Darmbereich nachweisbar war. Auch die Gallenblase stellte sich nicht dar. (Abb. 9, Seite 46)

2) Funktionsparameter

Die Halbwertzeit über der Schläfe betrug 6,9 ± 1,9 Minuten. Die Clearence pro kg Körpergewicht war mit 6,9 ± 1,5 ml verringert. Die Retention betrug 37,6 ± 17,5 % und die Eliminationskonstante war 0,105 ± 0,024. (Tab. 11, Seite 51)

VII. Diskussion der Ergebnisse

I. Kameraszintigraphische Befunde

1. Dost und Retteges (6) untersuchten 1968 die Pharmakokinetik von Bromsulphan. Sie fanden, daß der Konzentrationsabfall im Blut in zwei einfachen Exponentialfunktionen verläuft, und sind der Ansicht, daß der Konzentrationsabfall im Serum zwischen 5 und 20 Minuten in Form einer einfachen Eliminationshalbwertzeit definiert werden kann. Der Fehler soll 8 % betragen. Zeidler und Mitarbeiter (27) kamen über den Aktivitätsverlauf von Jod-131-BSP und Jod-131-Bromsulphan im Serum ebenfalls zu dem Ergebnis, daß der Kurvenabfall biexponentiell verläuft. In unseren Untersuchungen wurde die Halbwertzeit über dem Herzen einfach exponentiell, die Halbwertzeit unter der Schläfe und im Blut biexponentiell ausgewertet.

Aus den Ergebnissen unserer Messung über dem Herzen ging hervor, daß es bei bestimmten Krankheiten möglich ist, mit Hilfe der Halbwertzeit die Leberfunktion in normal oder pathologisch zu differenzieren. Das war besonders deutlich bei der chronischen aggressiven Hepatitis, weniger oder gar nicht bei der chronischen Hepatitis wegen der relativ großen Standardabweichung. Keine Aussage war möglich bei der Fettleber. Als negatives Element kam hinzu, daß bei der Messung über dem Herzen Leberaktivität möglicherweise mitgemessen wurde, wodurch die Halbwertzeit verfälscht wurde. So wies die Kurve eventuell infolge Atmung Schwankungen auf. Ebenso war der Kurvenmaßstab am Oszillographen sehr klein, was zur subjektiven Ungenauigkeit führte. Deswegen wurden für die Computerauswertung die Kurven auf eine einheitliche Höhe normiert. Es wurde ein einheitliches Maximum nach 3 Minuten festgelegt. Auf diese Weise konnte die Halbwertzeit vom Computer bestimmt werden, wodurch subjektive Meßungenauigkeiten entfielen. Als Normwert konnte über dem Herzen eine Halbwertzeit von 7 Minuten festgelegt werden. Die biexponentiel-

le Auswertung der Schläfenmessung zeigte gegenüber der Halbwertzeit der Herzbinnenraummessung sehr kurze Werte. Hier betrug der Normwert 3,8 ± 0,75 Minuten über der Schläfe gegenüber 7 ± 1,5 Minuten unter dem Herzen. Der Unterschied ergab sich aus den verschiedenen Bestimmungsmethoden. Mit dem Verfahren ließen sich lediglich die Leberzirrhosen (9,25 ± 2,2 Minuten) als sicher für die Halbwertzeit über dem Herzen und der Schläfe pathologisch klassifizieren. Die Mehrzahl der chronischen Hepatitiden zeigte Werte im oberen Normbereich (4,5 ± 0,73 Minuten). Beim Verschlußikterus war die Halbwertzeit je nach dem Grad der Bilirubinämie verlängert (6,9 ± 1,9 Minuten). Abgeklungene Virushepatitiden und Metastasenleber wiesen normale Halbwertzeiten auf (4,2 ± 0,76 bei abgeklungenen Virushepatitiden und 4,3 ± 0,4 bei Lebermetastasen).

Die im Vergleich der Normalwerte vorgenommene blutige Bestimmung der Halbwertzeit war umständlich und für den Patienten belastend. Die Normalwerte lagen dabei im Bereich der Halbwertzeit über dem Herzen. Der Normwert betrug 7,4 ± 1,2 Minuten. Da die Schläfenmessung und die Messung über dem Herzen eine ebensolche Genauigkeit aufwiesen, sollte auf die blutige Bestimmung verzichtet werden (17). Dabei scheint die Schläfenmessung die beste Methode zu sein, die beweisend aber auch erst bei manifesten Leberschäden ist (8).

2. Das Lebermaximum war einfach zu bestimmen und bildet einen brauchbaren Parameter zur Bestimmung der Leberfunktion. Das Lebermaximum ist bei Gesunden nach 20,5 ± 5,3 Minuten erreicht. Eine deutliche Verzögerung des Lebermaximums trat aber erst bei größeren Schädigungen des Leberparenchyms ein. Bei der chronischen Hepatitis lag das Lebermaximum fast immer im oberen Normenbereich, zumal die Standardabweichung relativ groß war (26,9 ± 5,4 Minuten) (23). Deutliche Veränderungen traten bei der chronisch aggressiven Hepatitis (34 ± 2 Minuten), Leberzirrhose (45 ± 7,3 Minuten) und dem Verschluß-

ikterus auf (35 Minuten oder nicht erreicht). Wichtig war ein eventuell unterschiedlicher Kurvenverlauf über dem rechten bzw. linken Leberlappen bei ungehindertem Abfluß durch die ableitenden Gallengänge. Es war möglich daß der Kurvenverlauf über dem einem Leberlappen nahezu normal war, während über dem anderen Leberlappen der Kurvenverlauf keine abfallende Tendenz zeigte. Auf diese Weise war es möglich, eine partielle intrahepatische Abflußstörung zu lokalisieren. (Abb. 7, Seite 44)

Die Metastasenleber zeigte die größte Schwankungsbreite. Hier schien eine Abhängigkeit vom Grad der Destruktion des Parenchyms vorzuliegen (36,0 $\pm$ 10,6 Minuten).

Die abgeklungenen Virushepatitiden wiesen einen normalen Kurvenverlauf auf(Lebermaximum nach 21,3 $\pm$ 2,6 Minuten).

3. Die Gallenblase erschien bei Gesunden nach 18,1 $\pm$ 5,7 Minuten, bei Lebererkrankungen ist die Erscheinungszeit verzögert, wies aber eine starke Schwankung auf. Deutlich war sie bei der Leberzirrhose verzögert (Anstieg nach 50 Minuten), ebenso beim Verschlußikterus. Dabei konnte die Aktivitätsanreicherung auch völlig ausbleiben. So kann gesagt werden, daß der regelrechte Aktivitätsanstieg und Abfall in der Gallenblase als Zeichen einer normalen Durchgängigkeit der hepatischen und extrahepatischen Gallenwege gewertet werden kann.

Zur Überprüfung der Kontraktionsfähigkeit der Gallenblase eignen sich in gleichem Maße die Biloptin-Reizmahlzeit wie Cholecystokinin. Nach Cholecystokinin trat der Effekt einer verstärkten Aktivitätsausschüttung in das Duodenum etwas früher ein, 4 Minuten, nach Biloptin-Reizmahlzeit meist innerhalb 5 - 10 Minuten (28). Die einzelnen Wirkungsmechanismen des Cholecystokinin, die Erschlaffung

des Sphinkter Oddi, die Verstärkung der Darmperistaltik, sowie eine Steigerung der Cholerese ließen sich sequenzszintigraphisch ebenfalls nachweisen und anhand der Funktionskurven dokumentieren. Bei exakter Erfassung der peripheren Leberparenchymanteile ließ sich in Einzelfällen nach Cholecystokininjektion ein steilerer Abfall der Leberfunktionskurve nachweisen. (Abb. 2, Seite 38) Auch bei Patienten nach Cholecystektomie konnte ein deutlicher Aktivitätsanstieg über dem Duodenum nach Cholecystokininjektion gemessen werden.

Cholecystokinin sollte speziellen Fragestellungen vorbehalten bleiben wie zur Differenzierung von Abflußstörungen aus dem Choledochus bzw. Papillenbereich, oder in solchen Fällen angewandt werden, in denen die orale Gabe von Biloptin-Reizmahlzeit nicht möglich ist.

Der Aktivitätsanstieg im Duodenum konnte bei gesunden Personen anhand der Funktionskurve auf eine mittlere Erscheinungszeit von 32,2 Minuten festgelegt werden. Hier zeigte sich, daß dabei ein großer Schwankungsbereich von $\pm$ 10,6 Minuten zu berücksichtigen war. Diese Werte standen im deutlichen Gegensatz zu Rothe und Mitarbeiter (19), die eine Erscheinungszeit von 16,5 $\pm$ 5 Minuten bei Gesunden angegeben haben. Bei fehlender Darstellung der Gallenblase war ein Aktivitätsanstieg über dem Duodenum nach 25' Minuten zu registrieren. Verspäteter und verminderter Aktivitätsnachweis im Dünndarm in Verbindung mit einem Aktivitätsdepot im Hilusbereich der Leber zeigte ein extrahepatisches Abflußhindernis an. Eine entsprechende szintigraphische Symptomatik bei fehlendem Aktivitätsdepot im Hilusbereich ließ eine sichere Differenzierung zwischen einem intra- bzw. extrahepatischen Verschluß nicht zu. Möglicherweise gelingt in diesen Fällen eine weitere Differenzierung nach Cholecystokininjektion (15), wie Nordyke es vorgeschlagen hat. Wenn nach 24 Stunden noch keine Radioaktivität im Darmbereich nach-

weisbar war, handelte es sich in unseren Fällen um einen kompletten Verschlußikterus. Bei Patienten mit Leberzirrhose und stark verzögertem Lebermaximum (bis 52' Minuten) war in allen Fällen Darmaktivität in der Zeit von 30 - 35 Minuten nachweisbar.

II. Funktionsparameter

Die Benutzung der einfachen Clearenceformel $C = k \cdot BV$ konnte keine wesentliche Verbesserung der Ergebnisse erreicht werden, insbesondere nicht hinsichtlich der chronischen Hepatitis. Die Berechnung der Clearence/kg Körpergewicht verringerte die Schwankungsbreite der Ergebnisse innerhalb der einzelnen Gruppen.

Tkocz, Oberhausen und Goebel (22) haben ein Verfahren für die Leberclearence angegeben, das ähnlich der Nierenclearence verläuft. Dabei wurden zu zwei verschiedenen Zeitpunkten Clearencebestimmungen durchgeführt. Es wurden Normalwerte von 300 ml und mehr angegeben. Unsere Werte liegen darüber, zeigen aber über der Schläfe und im Blut starke Schwankungen. Die Ergebnisse zeigen, daß die Clearence nach 15 Minuten gegenüber dem 8' Minutenwert stark abnimmt. Dabei zeigen die Werte im Blut einen stärkeren Abfall als die Werte, die über der Schläfe gemessen wurden. Die Schwankungsbreite ist jedoch so groß, daß uns diese Untersuchung nicht empfehlenswert erscheint. Rothe und Mitarbeiter (19) bestimmten die Clearence nach 10' Minuten und berechneten sie auf 1,73 m^2 Körperoberfläche. Sie bestimmten die Clearence nach 10' Minuten und legten den Clearencewert bei Gesunden von 306,3 $\pm$ 77,5 ml/1,73 m^2 Körperoberfläche fest, bei Bestimmung im Blut.

Die Bestimmung der Retention von Jod-131-BSP wurde bei Gesunden mit der Blut- und Schläfenmessung verglichen. Als Normwerte konnten hier

11,7 % Blut, 27,7 % Schläfe festgelegt werden. Dabei ergab sich ein sehr großer Unterschied zwischen Blut- und Schläfenmessung, wobei möglicherweise Meßungenauigkeiten durch ungenügende Fixierung des Kopfes auftraten. Eine Abwanderung von Jod-131-BSP in das Interstitium ist ebenfalls nicht auszuschließen. Dabei ergab sich auch hier, daß gut zwischen normal und pathologisch differenziert werden kann, wenn es sich um ausgeprägte Lebererkrankungen handelt. Deutlich war die Retention erhöht bei Leberzirrhose (45,6 ± 15,8 %) und Verschlußikterus (37,6 ± 17,5) allerdings mit großen Schwankungen. Bei chronischer Hepatitis kann die Retention durchaus normal ausfallen (28,6 ± 4,2 %), ebenso bei der Metastasenleber (28,0 ± 5,1 %). Trotzdem kann gesagt werden, daß die Übereinstimmung mit dem klinischen Bromthaleintest groß ist. (17, 19)

Die Eliminationskonstante wurde bei Gesunden im Blut und mit der Schläfenmessung bestimmt. Dabei ergab sich auch hier eine große Differenz. (0,097 Blut, 0,185 Schläfe). Die Differenz ergab sich dabei aus den unterschiedlichen Halbwertzeiten. Bei den weiteren Untersuchungen wurde auf die blutige Bestimmung verzichtet.

Die Unterteilung in normal und pathologisch war ebenfalls möglich, wobei wiederum die Leberzirrhose (0,078 ± 0,018), als auch der Verschlußikterus (0,105 ± 0,024) besonders deutlich ausfielen. Abgeklungene Virushepatitiden (0,151 ± 0,036) und Metastasenleber (0,163 ± 0,016) zeigten annähernd gleiche Werte. Die chronische Hepatitis ließ sich auch bei dieser Bestimmungsmethode nicht immer sicher abgrenzen (0,147 ± 0,035).

VIII. Diskussion der Belastungstests

Wie aus den Untersuchungsergebnissen hervorgeht, war es uns nicht möglich, genau zwischen noch normalen und bereits pathologischen Werten zu differenzieren. Das gilt besonders für die prognostisch wichtige chronische Hepatitis.

Hingegen waren die Ergebnisse bei chronisch-aggressiver Hepatitis, Verschlußikterus und Leberzirrhose eindeutig pathologisch. Deswegen sollte hier anhand eines Kollektivs Gesunder und an chronischer Hepatitis erkrankter Patienten untersucht werden, ob mit Hilfe des Belastungstests eine bessere Differenzierung möglich ist. Der Untersuchungsablauf war genau derselbe wie bei der Untersuchung ohne Belastung, nur daß hier 5 mg/kgKG inaktives Bromthalein vor Jod-131-BSP injiziert worden.

Bei den Ergebnissen fiel auf, daß sowohl bei Gesunden als auch bei chronischen Hepatitiden eine fast gleichmäßige Verschiebung der aufgestellten Parameter eintrat. (Tab. 12, 13, Seite 30,31).So verlängerte sich die mittlere Halbwertzeit über dem Herzen bei Gesunden um 3' Minuten und um 2,4' Minuten bei chronischen Hepatitiden; im Blut bei Gesunden um 1,9' Minuten, über der Schläfe bei Gesunden um 1,5' Minuten und bei den chronischen Hepatitiden über der Schläfe um 2,3' Minuten. Der Zeitpunkt für das Erreichen des Lebermaximums verzögerte sich bei Gesunden um 10,3' Minuten, bei den chronischen Hapatitiden um 13,3' Minuten. Der Gallenblasenanstieg erfolgte bei Gesunden 6,5' Minuten und bei den chronischen Hepatitiden 4,7' Minuten später.

Die Bestimmung der Clearence nach Oberhausen zeigte unter Belastung bei dem 8' Minutenwert eine Verminderung um durchschnittlich 200 ml und verhält sich somit wie die anderen Parameter unter Belastung.

Deswegen wurde auf die Bestimmung bei den chronischen Hepatitiden verzichtet.

Auch bei der über der Schläfe gemessenen biexponentiell ausgewerteten Clearence/kg ergab sich bei Gesunden und bei chronischen Hepatitiden eine Verminderung der Clearencewerte; nämlich bei Gesunden um 3,85 ml und 3,2 ml bei chronischen Hepatitiden.

Die Retentionsbestimmung im Blut bei Gesunden ergab unter Belastung einen mittleren Anstieg von 4,6 %. Bei der Schläfenmessung stieg die Retention bei Gesunden um 1,9 % und bei den chronischen Hepatitiden um 5,9 % an, allerdings mit einer großen Standardabweichung. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß der Belastungstest in einzelnen Fällen bei der Bestimmung des Lebermaximums und bei der Retentionsbestimmung eine Verbesserung der Abgrenzung von Gesunden gebracht hat, während bei den anderen Bestimmungen keine verbesserten Ergebnisse zu erzielen waren.

Sequenzszintigraphie der Leber mit ^{131}J-BSP:
Lebergesunde und chronische Hepatitis ohne und mit Belastung mit 5 mg/kg Körpergewicht Bromthalein.

Tabelle 12.

Funktionsparameter:

Lebergesunde und chronische Hepatitis ohne und mit Belastung mit 5mg/kg Körpergewicht Bromthalein

Tabelle 13

IX. Vergleich der beiden Untersuchungsreihen

Bei den Untersuchungen ohne Belastung mit 5 mg/kg Körpergewicht Bromthalein war aufgefallen, daß die chronische Hepatitis nicht immer von den Lebergesunden abgegrenzt werden kann, während Erkrankungen wie die Leberzirrhose, chronische aggressive Hepatitis, Verschlußikterus und Lebermetastasen sich deutlich von den Lebergesunden unterscheiden. Die Werte bei chronischer Hepatitis lagen dagegen immer im normalen oder subnormalen Bereich. Die geringe Substanzbelastung von ca. 0,0013 mg/kg Jod-131-BSP wurde als Ursache für die fehlende spezifische Aussage angesehen. Deswegen wurde eine Untersuchungsreihe bei chronischen Hepatitiden und Lebergesunden durchgeführt unter Belastung mit der bei dem klinischen Bromthaleintest üblichen Dosis von 5 mg/kg Körpergewicht.

Wir erwarteten, daß bei den Patienten mit chronischer Hepatitis eine Verminderung der Clearence eintreten würde, während sich bei den Lebergesunden die entsprechenden Werte nicht ändern würden. Dementsprechend war auch eine verzögerte Akkumulation von Bromsulphan in der Leber anzunehmen. Doch war sowohl bei den Lebergesunden als auch bei den chronischen Hepatitiden eine Depression der Clearencewerte zu beobachten, die nahezu in einem konstanten Verhältnis stand. Ebenso verhielt sich das Lebermaximum, wobei hier allerdings gesagt werden muß, daß bei drei Patienten nach Belastung das Lebermaximum pathologisch ausfiel. (Abb. 4, Seite 41)

Bei der Retentionsbestimmung war in zwei Fällen das Ergebnis pathologisch. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Mena und Mitarbeiter (13) bei der Kombination Bengalrosa und 5 mg/kg Körpergewicht Bromthalein. Die Ergebnisse dieser Autoren änderten sich bei Halbierung der Belastungsdosis zugunsten einer besseren Differenzie-

rung. Mostbeck und Peschel (14), sowie Zeidler und Mitarbeiter (27) fanden ebenfalls eine Dosisabhängigkeit bei Belastung. Hengst und Mitarbeiter (8) fanden eine deutliche Differenzierung anhand der Eliminationskonstanten, die hier jedoch nicht beobachtet werden konnten.

Die Clearence nach Oberhausen (22) wurde bei Lebergesunden unter Belastung bestimmt und zeigte dabei ein Verhalten wie die anderen Parameter.

Aus den vorliegenden Ergebnissen geht hervor, daß die Belastungstests nur in wenigen Fällen die Aussagekraft erhöht haben, insbesondere bei der Bestimmung des Lebermaximums und der Retention. Wegen seiner relativ geringen Aussagekraft sollte der Belastungstest deshalb nur bei strenger Indikationsstellung durchgeführt werden, zumal das Risiko einer allergischen Reaktion besteht.

Wegen der geringen Belastung ist die Sequenzszintigraphie der Leber mit der Angerkamera, der Schläfenmessung und eventuell blutiger Messungen ohne Substanzbelastung durchaus geeignet, bei bestimmten Patienten routinemäßig durchgeführt zu werden. Dabei sollten bestimmt werden:

Halbwertzeit über der Schläfe, Lebermaximum, Gallenblasenanstieg und Abfall nach Reiz mit Biloptin-Reizmahlzeit oder bei bestimmten Fragestellungen mit Cholecystokinin, Aktivitätsanstieg im Duodenum und die Retentionsbestimmung.

Bei der Bestimmung der Retention ist wichtig, daß die Werte über den klinisch enzymatischen des Bromthaleintests liegen. Es besteht ein deutlicher Unterschied zwischen Schläfenmessung und blutiger Bestimmung, wobei die im Blut bestimmte Retention dem Bromthaleintest sehr nahe kommt (11, 14, 17, 19), aber im Ergebnis höhere Werte

zeigt. Die von Mostbeck (14) und Riccabona (17) berichtete Aussagekraft der Eliminationskonstanten konnte nur in Einzelfällen beobachtet werden. Die wichtigste Aussage der Untersuchung scheint aber nicht in der Erfassung von bestimmten Leberparenchymerkrankungen zu liegen, sondern in der Erfassung von Störungen innerhalb des galleableitenden Systems (15, 10).

X. Zusammenfassung

Die BSP-Funktionsszintigraphie der Leber mit Angerkamera, Kernspeicher und Bildbandspeicher erlaubt über den rein morphologischen Aspekt hinaus eine detaillierte Beurteilung der Leberparenchymfunktion, nicht nur im Gesamtorgan, sondern auch in Teilbereichen der Leber. Sie gestattet weiterhin eine Darstellung der ableitenden Gallenwege und der Gallenblase sowie der Gallenexkretion in den Dünndarm. Der Ablauf der normalen intrahepatischen Bromthaleinkinetik ist bei beträchtlichen Lebererkrankungen verändert. Sie ist dem normalen klinischen Bromthaleintest vorzuziehen, da die allergische Komponente entfällt. Angewandt werden kann dieser Test bei allen Lebererkrankungen. Es bestehen keine Kontraindikationen. So kann die Untersuchung auch bei einem hohen Bilirubinspiegel durchgeführt werden, oder wenn sich der Patient in einem reduziertem Allgemeinzustand befindet, der andere belastende Untersuchungen ausschließt. Wenig oder nicht aussagekräftig ist die Leberfunktionsszintigraphie bei der Fettleber und in vielen Fällen von chronischer Hepatitis. Der hier versuchte Belastungstest führt nur in einigen Fällen zu einer höheren Aussagekraft. Dies ist möglicherweise ein Problem der Belastungsdosis. Mena und Mitarbeiter (13) hatten bei Belastungsversuchen mit Jod-131-BR und Bromthalein mit 2,5 mg/kg Körpergewicht eine bessere Differenzierungsmöglichkeit gefunden.

Vielleicht bringt die Belastung von 1 mg - 1,5 mg/kg Körpergewicht eine noch bessere Aussagekraft in der Differenzierung zwischen normal und pathologisch.

Eine besondere Bedeutung erhält die Funktionsszintigraphie der Leber bei Verschlußikterus. Es lassen sich schon geringe Abflußstörungen

aus dem galleableitenden System, insbesondere unter Stimulierung mit Cholecystokinin nachweisen. Ebenso lassen sich partiell Abflußstörungen in verschiedenen Leberarealen anhand des unterschiedlichen Verlaufes der Funktionskurven feststellen. Deswegen sollte bei der Frage einer Abflußstörung immer ein Lebersequenzszintigramm angefertigt werden.

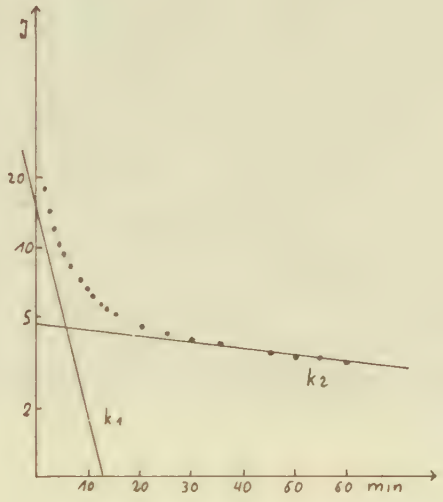

Abb 1. Beispiel für die biexponentielle Bestimmung der Halbwertzeit im Blut und über der Schlöfe.

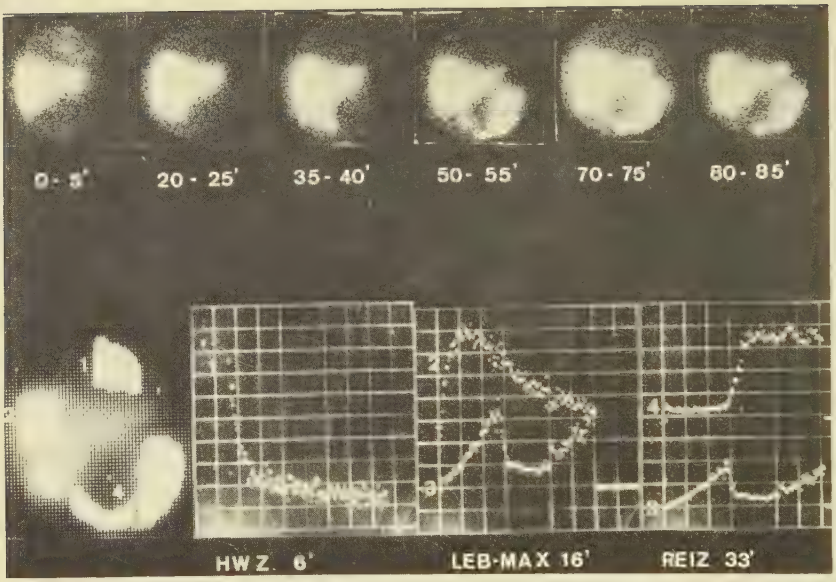

Abb. 2

Sequenzszintigraphie der Leber und Funktionskurven bei Lebergesunden ohne Belastung.

1. Sequenzszintigraphie (obere Bildreihe)
2. Regions of interest (links unten)
3. Funktionskurven.

Im ersten Bild der oberen Reihe kommt es im Zeitraum von 0 - 5 Minuten zur Darstellung der Radioaktivität im Herzbinnenraum. Im zweiten Photo ist nach 20 Minuten die Gallenblase dargestellt und die Leber zeigt eine gleichmäßige Anreicherung der Aktivität. Im dritten bis fünften Photo ist der Abfluß der Radioaktivität aus der Leber in das Duodenum erkennbar. Nach 30 - 35 Minuten ist die Aktivität in der Gallenblase vermindert. Anhand der Funktionskurven zeigt sich der schnelle Aktivitätsabfall im Herzbinnenraum (Kurve 1), der steile Aktivitätsanstieg über der Leber, und der deutlich steilere Aktivitätsabfall des Kurvenverlaufes nach Reizung

mit Cholecystokinin, infolge verstärkter Cholerese (Kurve 2). Kurve 3 zeigt den Aktivitätsverlauf in der Gallenblase mit steilem Aktivitätsabfall nach Reiz. Kurve 4 zeigt den Aktivitätsverlauf im Duodenum, mit steilem Kurvenanstieg nach Reiz.

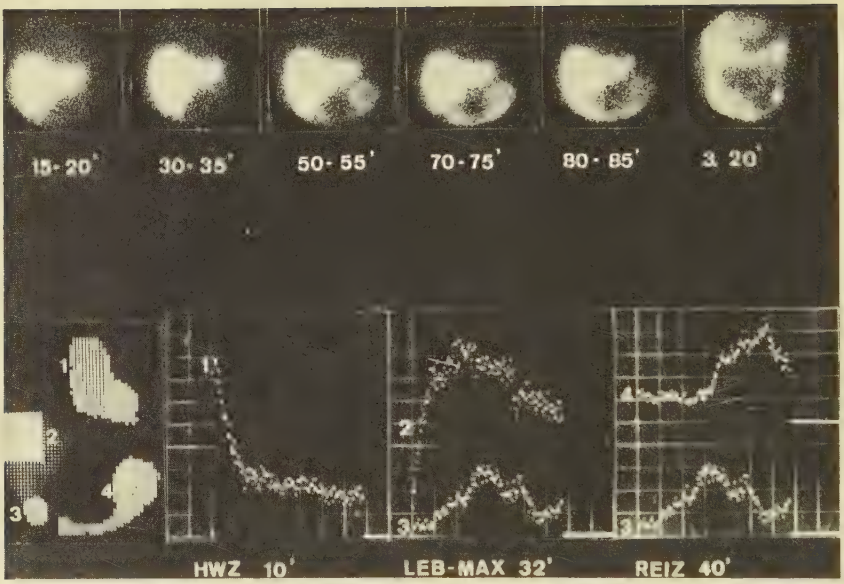

Abb. 3

Sequenzszintigraphie der Leber und Funktionskurven bei Lebergesunden mit BSP Belastung.

1. Sequenzszintigraphie (obere Bildreihe)
2. Regions of interest (links unten)
3. Funktionskurven.

Es zeigt sich hier, gegenüber der Abbildung 2, keine morphologische Änderung an den Szintiphotos. Der funktionelle Ablauf ist aber verzögert. Die Funktionskurve über dem Herzbinnenraum verläuft flacher. Halbwertzeit 10 Minuten (Kurve 1). Das Lebermaximum ist erst nach 32 Minuten erreicht. Die Darstellung der Gallenblase und die Ausscheidung in das Duodenum erfolgen später und die Reaktion auf Cholecystokinin gering verzögert (Kurve 2 - 4).

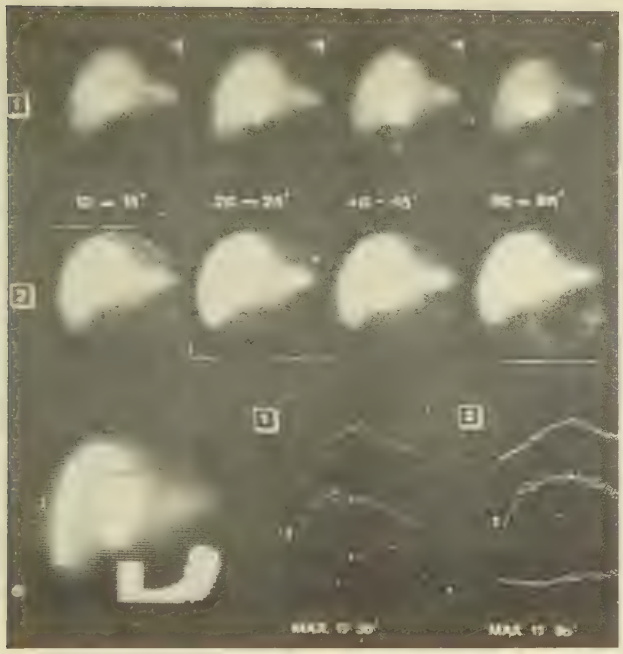

Abb. 4

Sequenzszintigraphie der Leber und Funktionskurven bei chronischer Hepatitis, ohne und mit BSP Belastung, bei pathologischem Belastungstest.

1. Sequenzszintigraphie ohne Belastung (obere Bildreihe)
2. Sequenzszintigraphie mit Belastung (mittlere Bildreihe)
3. Regions of interest (links unten)
4. Funktionskurven: 1. ohne Belastung
   2. mit Belastung

Dieses Bildbeispiel zeigte, daß es in manchen Fällen von chronischer Hepatitis möglich ist, mit dem Belastungstest eine pathologische Leberfunktion nachzuweisen. Anhand der Szintiphotos ist der zeitlich verzögerte Ablauf der Leberfunktion unter Belastung gegenüber dem unbelasteten Funktionstest zu erkennen, was sich in den Funktionskurven am deutlich verändertem Kurvenverlauf dokumentieren läßt.

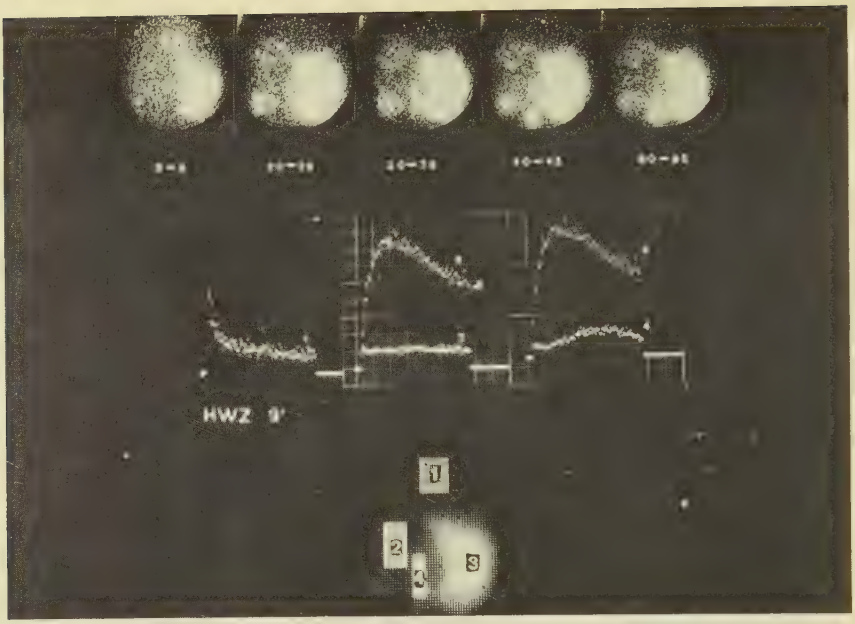

Abb. 5

Sequenzszintigraphie der Leber und Funktionskurven bei Lebermetastasen (Melanommetastasen).

1. Sequenzszintigraphie (obere Reihe)
2. Regions of interest (unten)
3. Funktionskurven.

Die Leber ist insgesamt vergrößert, mit vollständiger Destruktion des rechten Leberlappens. Es zeigt sich ein nur gering verzögerter Kurvenverlauf über dem Herzbinnenraum. Über dem linken Leberlappen stellt sich ein normaler Kurvenverlauf dar, während es über dem rechten Leberlappen zu keinem Kurvenanstieg, bzw. Kurvenabfall kommt. Über dem Choledochusbereich kommt es nur zu einem geringen Aktivitätsanstieg.

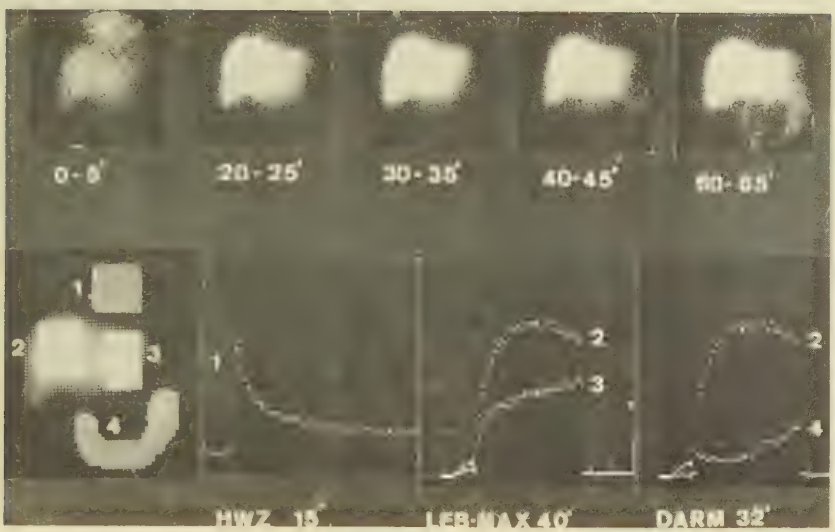

Abb. 6

Sequenzszintigraphie der Leber und Funktionskurven bei hyperthropher Leberzirrhose, die klinisch nur eine Erhöhung der alkalischen Phosphatase aufwies.

1. Sequenzszintigraphie (obere Reihe)
2. Regions of interest (links unten)
3. Funktionskurven.

Auf den Szintiphotos stellt sich eine ausgeprägte Vergrößerung des linken Leberlappens dar. An den Funktionskurven erkennt man den verzögerten Aktivitätsverlauf über dem Herzbinnenraum (Halbwertzeit 15 Minuten), einen typischen Kurvenverlauf über dem rechten Leberlappen mit verzögertem, aber normalen Kurvenabfall in der Exkretionsphase und einen fehlenden Abfall des Kurvenverlaufes über dem linken Leberlappen, bei zeitgerechter Aktivitätsausscheidung in den Darm.

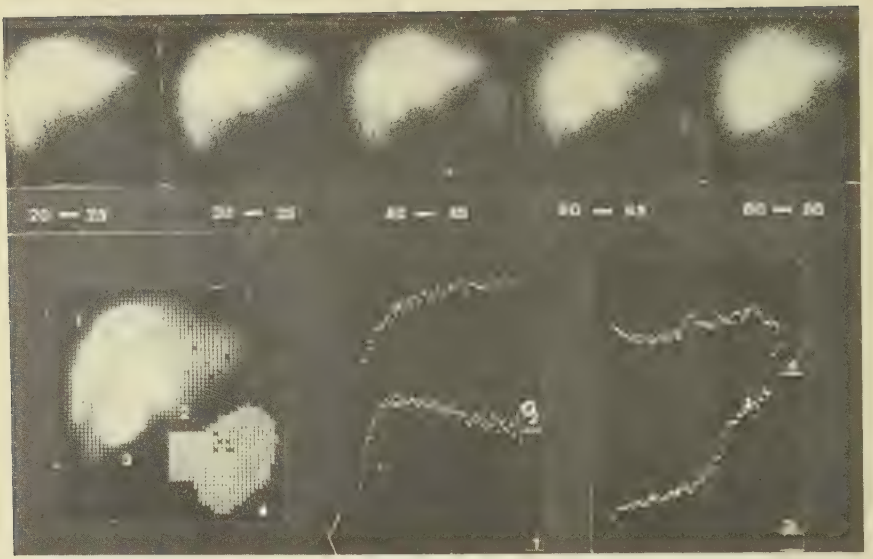

Abb. 7

Sequenzszintigraphie der Leber und Funktionskurven bei inkompletten Choledochusverschluß.

(Cholecysto- Choledocholithiasis)

1. Sequenzszintigraphie (obere Reihe)
2. Regions of interest (links unten)
3. Funktionskurven.

Verzögerte Darstellung der Aktivitätsanreicherung über der Gallenblase nach 40 - 45 Minuten mit Ausbildung eines Aktivitätsdepots im Leberhilus. (Röntgenologisch keine Stauung des Gallenganges). Verminderte, jedoch noch zeitgerechte Aktivitätsausscheidung in den Dünndarm. Anhand der Funktionskurven läßt sich der zeitgerechte Aktivitätsverlauf über der Leberperipherie dokumentieren (Kurve 1), während über dem Leberhilus keinerlei Aktivitätsausscheidung zu verzeichnen ist. (Kurve 2) Die Funktionskurve über dem Dünndarm zeigt den geringen Aktivitätsabfluß und einen spastischen Verlauf. (Kurve 4) Über der Gallenblase zeigt sich ein zeitgerechter und steiler Aktivitätsanstieg bei fehlender Ausscheidung. (Kurve 3)

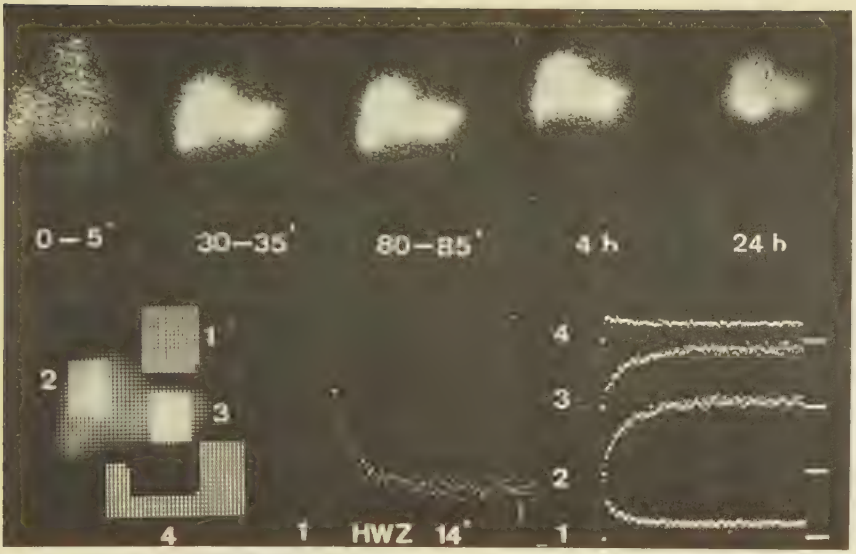

Abb. 8

Sequenzszintigraphie der Leber und Funktionskurven bei komplettem Verschlußikterus. Metastatische Lymphknotenvergrößerung am Leberhilus bei Mammacarcinom.

1. Sequenzszintigraphie (obere Reihe)
2. Regions of interest (unten links)
3. Funktionskurven.

Darstellung einer normal groß geformten Leber mit fehlender Aktivitätsausscheidung in den Darm, bis 24 Stunden post injektionem. Nach 24 Stunden kommt es zur Aktivitätsanreicherung in der Gallenblase.

Die Funktionskurven zeigen keinen Aktivitätsanstieg über dem Darm (Kurve 4), einen verzögerten Aktivitätsanstieg über der Leber mit fehlendem Kurvenabfall (Kurve 2 - 3) und einem verzögerten Aktivitätsabfall über dem Herzbinnenraum (Kurve 1).

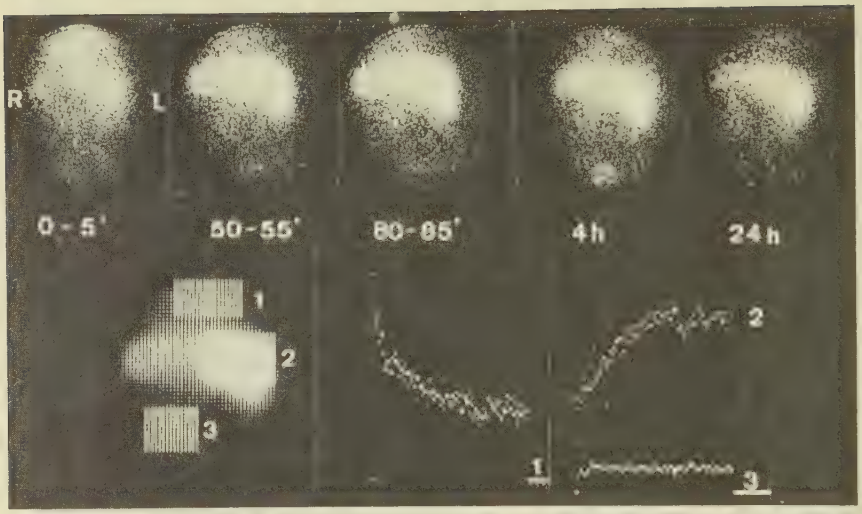

Abb. 9

Sequenzszintigraphie der Leber und Funktionskurven bei angeborener Gallengangsatresie und Situs Inversus.

1. Sequenzszintigraphie (obere Reihe)
2. Regions of interest (links unten)
3. Funktionskurven.

Große gestaute Leber bei Situs Inversus. Nach 50 Minuten kommt es zur Darstellung beider Nieren und der Harnblase. Die Funktionskurven zeigen keine Aktivität im Darm (Kurve 3), keinen Abfall der Aktivität über der Leber bei verzögertem Aktivitätsanstieg mit einem Maximum nach 40 Minuten (Kurve 2). Der Kurvenabfall über dem Herzbinnenraum ist ebenfalls stark verzögert.

Tabelle 1: Sequenzszintigraphie und Funktionsparameter bei lebergesunden ohne Belastung

Lebergesunde		[min] HWZ Herz	Blut	Schläfe	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen-anstieg	[min] Gallenblasen-Abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Blut	Schläfe	[ml/1,73 m²] Clearence n. Oberhausen Schläfe 8'	15'	Blut 8'	15'	Konstante Blut [k]	Schläfe	[%] Retention Blut	Schläfe
n		7'	2,4'	3,8'	20,5'	18,1'	4,4'	32,2'	6,0	13,3	522	320	663	433	0,097	0,185	11,7	29,7
14		±1,5'	±1,2'	±0,75'	± 5,3'	± 5,7	± 3'	± 10,6'	±2,6	± 1,8	± 137	± 132	± 154	± 156	±0,017	±0,035	±2,3	± 2,6

Tabelle 2: Sequenzszintigraphie und Funktionsparameter bei lebergesunden unter BSP Belastung

Lebergesunde		[min] HWZ Herz	Blut	Schläfe	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen-anstieg	[min] Gallenblasen-abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Blut	Schläfe	[ml/1,73 m²] Clearence n. Oberhausen Schläfe 8'	15'	Blut 8'	15'	Konstante Blut [k]	Schläfe	[%] Retention Blut	Schläfe
n	$\bar{x}$	10'	9,3'	5,3'	30,8'	24,7'	-	36,9'	5,5	9,8	416	344	492	434	0,074	0,140	16,3	29,4
g	$\sigma\bar{x}$	±1'	±1,5'	± 1,3'	± 4,2	± 10,4'	-	± 14,2	±1,3	± 2,6	±120	± 96	± 174	± 141	±0,005	±0,043	± 2,9	± 2,86

Tabelle 3. Sequenzszintigraphie und Funktionsparameter bei chron. Hepatitis ohne Belastung

Chronische Hepatitis		[min] HWZ Herz Schlöfe	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallenblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Schlöfe	Konstante k Schlöfe	[%] Retention Schlöfe
n 24	$\bar{x}$	11,1' 4,5'	26,9'	27,3'	8,3'	37,2'	10,2	0,147	28,6
	$\sigma_{\bar{x}}$	±2,8' ±0,73	± 6,9'	± 6,7'	± 3,9'	± 10,5'	± 2,5	±0,035	± 4,2

Tabelle 4: Sequenzszintigraphie und Funktionsparameter bei chron. Hepatitis unter BSP Belastung

Chronische Hepatitis		[min] HWZ Herz Schlöfe	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallenblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Schlöfe	Konstante k Schlöfe	[%] Retention Schlöfe
n 9	$\bar{x}$	13,5' 6,8'	40,2'	32,0'	—	31,0'	7,0	0,101	34,5
	$\sigma_{\bar{x}}$	±2,3' ±0,63'	± 5,9'	± 4,8'	—	± 6,9'	± 0,5	±0,008	± 7,1

Tabelle 5: Sequenzszintigraphie und Funktionsparameter bei Lebermetastasen

Leber-metastasen		[min] HWZ Schläfe	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallenblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Schläfe	Konstante k Schläfe	[%] Retention Schläfe
n	$\bar{x}$	4,3'	36,0	41,0'	–	43,0'	10,7	0,163	28,0
4	$\sigma\bar{x}$	± 0,4'	± 10,6'	± 6,2'	–	± 18,2'	± 1,9	0,016	± 5,1

Tabelle 6: Sequenzszintigraphie und Funktionsparameter bei abgeklungener Virushepatitis

Abgeklungene Virus-hepatitis		[min] HWZ Schläfe	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallenblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Schläfe	Konstante k Schläfe	[%] Retention Schläfe
n	$\bar{x}$	4,2'	21,3'	26,3'	9,0'	26,0'	13,0	0,151	23,9
6	$\sigma\bar{x}$	± 0,76'	± 2,6'	± 2,6'	± 1,6'	± 2,9	± 2,4	± 0,036	± 5,1

Tabelle 7: Sequenzszintigraphie bei chronisch-aggressiver Hepatitis

Chronisch aggressive Hepatitis		[min] HWZ Schläfe	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallenblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Schläfe	Konstante k Schläfe	[%] Retention Schläfe
n	$\bar{x}$	24,6'	34,0'	—	—	—	—	—	—
3	$\sigma\bar{x}$	± 2,1'	± 2,0'	—	—	—	—	—	—

Tabelle 8: Sequenzszintigraphie bei Fettleber ohne Belastung

Fett-Leber		[min] Herz HWZ	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence Cl/kg	Konstante k	[%] Retention
n	$\bar{x}$	7,6'	22,0'	—	—	—	—	—	—
3	$6\bar{x}$	± 3,5'	± 4,3'	—	—	—	—	—	—

Tabelle 9: Sequenzszintigraphie bei Fettleber unter BSP Belastung

Fett-leber		[min] Herz HWZ	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallenblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg	Konstante k	[%] Retention
n	$\bar{x}$	13,0'	25,0'	—	—	—	—	—	—
3	$6\bar{x}$	± 4,3	± 4,3	—	—	—	—	—	—

Tabelle 10: Sequenzszintigraphie und Funktionsparameter bei Leberzirrhose

Leber-zirrhose		[min] Schläfe HWZ	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallenblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Schläfe	Konstante k Schläfe	[%] Retention Schläfe
n	$\bar{x}$	9,25'	ob 45,0'	ob 50,0'	—	31,3'	4,5	0,078	45,6
8	$6\bar{x}$	± 2,20'	–	–	—	± 2,9'	± 1,4	± 0,018	15,8

Tabelle 11: Sequenzszintigraphie und Funktionsparameter bei Verschlußikterus

Verschlussikterus		[min] HWZ Schläfe	[min] Leber-maximum	[min] Gallenblasen anstieg	[min] Gallenblasen abfall n. Reiz	[min] Duodenum	[ml] Clearence/kg Schläfe	Konstante k Schläfe	[%] Retention Schläfe
	1	6,5'	nicht erreicht	24 Std	—	24 Std	7,4	0,107	33
	2	5,5'	43'	—	—	43'	7,8	0,126	29
	3	6,0'	45'	40'	—	24 Std	8,0	0,116	—
	4	5,5'	40'	ektom.	—	50'	8,1	0,126	48,7
	5	8,0'	35'	ektom.	—	50'	5,6	0,087	41,2
	6	10,3'	nicht erreicht	—	—	—	4,6	0,067	62,2
n	$\bar{x}$	6,9'	ab 35'	ab 40'	—	ab 43'	6,9	0,105	37,6
6	$6\bar{x}$	±1,9	—	—	—		±1,5	0,024	±17,5

Literaturverzeichnis

1. Anger, H. O.
The scintillation camera for radioisotope localisation.
Radioistope in der Lokalisationsdiagnostik,
F.K. Schattauer, Stuttgart 1967.

2. Anger, H. O.
Scintillation camera.
Rev. Scient. Instrum. 29, 27 (1958)

3. Burke, G., Halko, A.
Dynamic clinikal studies with radioisotopes and the scintillation camera.
II. Rose Bengal I-131 liver Funktion studies.
J. Amer. med. Ass. 198, 608 (1966)

4. Delprat, G. D.
Studies on liver function: Rose Bengal elimination from the blood as influenced by liver injury Arch. Int. Med. 32, 401 (1923)

5. Dobson, E. L., Jones, H. E.
The behavior of intravenously injected particulate material: its rate of disappearence from the blood sream as a measure of liver blood flow.
Acta. Med. Scand. 144, 273 (1952)

6. Dost, F. M., Repges, R.
Zur Beschreibung der Pharmakokinetik der Bromsulphalein Ausscheidung unter Verwendung eines Analog-Computers.
Pharmakologia Clinica, Band 1, 1 (1968)

7. Golde, G., Motzkus, F., Lange, S., Schmidt, L., Das, B.K., zum Winkel, K., Jost, H.
Functional and morphological diagnosis using the scintillation camera and a data processing system.
La Ricera Clin. Lab. 2, 83 (1972)

8. Hengst, W., Mosler, D.
Kritische Untersuchung zum Leberfunktionstest mit Jod-131-BSP und Bromthalein.
Fortschr. Röntgenstr. 118, 330 (1973)

9. Iio, M., Yamada, H., Iwase, T., Migita, T., Kameda, H., Ueda, H.
Evaluation of 131 I (monoiodide) BSP for clinical studies.
Korean Journal of Nucl. Medicine 5, 11 (1971)

10. Jost, H., Haubold, U., TrÜber, E., Sonderkamp, H.M.
Funktionsszintigraphie der Leber mit Radiokolloiden und 131-I-Bromthalein.
Rev. Roun. Med. Int. 11, 5 (1974)

11. Kameda, H., Yamada, H., Iio, M., Chiba, K., Ueda, H.
Liver function studies using 131-I-BSP.
Korean Journal of Nucl. Medicine 5, 19 (1971)

12. Mena, I., Kivel, R., Mahoney, P., Mellinkoff, S.M., Bennet, L.R.
A method for increasing the sensivity of the Rose Bengal Jod-131 liver function test with the use of Bromsulphalein.
J. Lab. Clin. Med. 54, 167 (1953)

13. Mena, I.
Determination of cardiportal circulation time by external scintillation counting.
Amer. J. Digest. Dis. 4, 19 (1959)

14. Mostbeck, A., Peschel, L.
Jod-131-BSP: Methoden zur Erfassung der Kinetik und erste klinische Ergebnisse.
Nuc. Compact. 1972

15. Nordyke, R. A.
Surgical vs Nonsurgical Jaundice.
J. Amer. med. Ass. 194, 29 (1965)

16. Rettenmaier, G.
Zwischenfälle beim Bromsulphaleintest
Dtsch. med. Wschr. 93, 1780 (1968)

17. Riccabona, G., Falkensammler, M., Bauer, H.
Funktionsszintigraphie der Leber mit Jod-131-BSP
Nucl. med. 12, 64 (1973)

18. Rosenthal, S. M., White, E. C.
Clinical application of Bromsulphalein test for hepatic function.
J. Amer. med. Assoc. 84, 1112 (1925)

19. Rothe, R., Pfeifer, K. J., Otte, M., Heinze, H. G.
Leberfunktionsstudium mit Jod-131-BSP.
Nuc. Comp. Juli 1972

20. Taplin, G. V., Meredith, O. M., Kade, H.
Radioactive J-131-Rose Bengal uptake excretion test for liver functionusing external gamma ray scintillatin counting techniques.
J. Lab. clin. med. 45, 665 (1955)

21. Taplin, G. V., Dore, E. K., Jonson, D. E.
Reticuloendothelial function in man. Tracer studies with colloidal suspensions of human albumin J-131 Radioaktive Isotope in Klinik und Forschung, 5, Urban und Schwarzenberg, MÜnchen und Berlin 1963

22. Tkocz, H. J., Oberhausen, E., Glöbel, B.
Measurement of liver clearence rate with partially shielded whole body counter.
IAEA Symposion on dynamic function studies with radioisotopes.
Rotterdamm August 1970 SM 136/118.

23. Torizuko, Ki Ken, H., Rikushi, M., Takao, M., Tadaho, K., Kenichi, J., Jun, N., Chisato, M.
Amer. Röntgenol. 113, 41 (1971)

24. Tubis, M., Nordyke, R., Rosnik, E., Blahd, W. H.
Preparation and use of I 131 labeled sulphobromophtalein in liver function testing
J. Nucl. Med. 2, 282 (1961)

25. Vetter, H., Falkner, R., Neumayer, R.
The disappearence rate of colloidal radiogold from the circulation and its application to the estimation of the liver blood flow in normal and cirrhotic subjects.
J. clin. Invest. 33, 1594 (1954)

26. Wildhirt, E.
Zur modernen Leberdiagnostik
Therap. Woche 17, 1024 (1967)

27. Zeidler, H., Otte, P., Nuic, M., Reolin, T., Bär, U.
Korrelation der Werte des Jod-131-BR und des Jod-131-BSP Funktionstestes zu entzündlichen und degenerativen Lebererkrankungen.
Gesellschaft für Nuklearmedizin 1970
Mitteilung Nr. 132

28. zum Winkel, K., Jost, H., Sonderkamp, H. M., Golde, G., Schlicht, I.
Dynamic investigations of the liver and the biliary tract using the scintillation camera and data processing system.
Intern. Congr. Radiology, Madrid, Oktober 1973.

Lebenslauf

Am 10. September 1944 wurde ich in Trautenau/Sudetenland als Sohn des Dr. med. Alfred Sturm und seiner Ehefrau Maria geb. Preller, geboren.

1947 kamen wir nach der Vertreibung nach Oberscheld/Hessen.

1951 wurde ich in die Volksschule Oberscheld eingeschult.

1956 wechselte ich auf das Gymnasium in Dillenburg.

Am 17. 2. 1966 bestand ich dort das Abitur.

1966/67 begann ich das Medizinstudium an der Freien Universität Berlin

11.3.68 bestand ich das Vorphysikum an der Freien Universität Berlin

23.3.68 heiratete ich meine Ehefrau Heide, geb. Knodt

16.4.70 bestand ich das Physikum an der Freien Universität Berlin

7.8.73 bestand ich das medizinische Staatsexamen an der Freien Universität Berlin

1.11.73-31.12.73 Tätigkeit als Medizinalassistent in der Strahlenklinik im Klinikum Charlottenburg

1.1.74-12.2.74 und 1.8.74-30.11.74 Tätigkeit als Medizinalassistent in der II. Inneren Abteilung im städt. Krankenhaus Spandau Nord, Berlin

Seit dem 1.12.74 arbeite ich als Medizinalassistent im Elisabeth-Diakonissen und Krankenhaus in Berlin, LUtzowstraße.